



ATTI
DELLA
SOCIETÀ TOSCANA
DI
SCIENZE NATURALI

MEMORIE • SERIE A • VOLUME CXXIX • ANNO 2022



Edizioni ETS

MARTA PAPPALARDO ⁽¹⁾, ALESSANDRO CHELLI ⁽²⁾, GIOVANNI LEONELLI ⁽²⁾, MATTEO VACCHI ⁽¹⁾

NUOVI DATI PER LA RICOSTRUZIONE DEL CONTESTO PALEOAMBIENTALE DELLA VILLA ROMANA DEL VARIGNANO VECCHIO (GOLFO DELLA SPEZIA)

Abstract - M. PAPPALARDO, A. CHELLI, G. LEONELLI, M. VACCHI, *New data for the reconstruction of the Varignano Vecchio roman villa palaeoenvironment (La Spezia Gulf)*.

The environmental conditions of the site where in the 1st century BC the roman villa known as “Villa del Varignano Vecchio”, in the Province of La Spezia was built, were reconstructed through the analysis of two stratigraphic sequences found between the villa buildings and the present shoreline. The deposits analysed were chronologically constrained through eight radiocarbon dates, two of which were performed on the wood of two subsequent tree rings from a trunk embedded in the sediments. A wall associated to the villa buildings, previously interpreted as a pier, proved to be a retention wall provided with holes for groundwater discharge into a natural depression facing the villa.

Key words - palaeoenvironmental reconstruction, Roman Age, pier, radiocarbon, dendrochronology, La Spezia Gulf, Italy

Riassunto - M. PAPPALARDO, A. CHELLI, G. LEONELLI, M. VACCHI, *Nuovi dati per la ricostruzione del contesto paleoambientale della Villa del Varignano Vecchio (Golfo della Spezia)*.

Le condizioni ambientali del sito nel quale nel I sec. a.C. venne costruita la villa romana nota come “Villa del Varignano Vecchio”, in provincia della Spezia, sono state ricostruite tramite l’analisi di due sequenze stratigrafiche resesi disponibili nel breve tratto compreso tra gli edifici della villa e la posizione attuale della linea di costa. I depositi analizzati sono stati vincolati cronologicamente tramite otto datazioni ¹⁴C, due delle quali su due anelli di accrescimento successivi di un tronco d’albero rinvenuto all’interno della sequenza. Un manufatto di epoca romana associato alle infrastrutture della villa, già identificato come “molo”, è risultato essere, alla luce di questo lavoro, un muro di contenimento dotato di fori di drenaggio funzionale alla raccolta e smaltimento delle acque sotterranee in una depressione naturale prospiciente alla villa.

Parole chiave - ricostruzione paleoambientale, Età Romana, molo, radiocarbonio, dendrocronologia, Golfo della Spezia, Italia

INTRODUZIONE

La ricostruzione del contesto paleoambientale di siti archeologici costieri attraverso indagini geologiche di sottosuolo è una prassi consolidata (si veda ad esempio Amorosi *et al.*, 2013; Bellotti *et al.*, 2018; Bruckner, 2019), particolarmente in presenza di infrastrutture portuali, dove l’utilizzo di queste come indicatori di paleo livelli marini ha fornito un importante contri-

buto agli studi sulle variazioni del livello del mare nel corso degli ultimi 2,5 ka (Aucelli *et al.*, 2019; Marriner & Morhange, 2007).

Lungo la costa del Mar Tirreno settentrionale e del Mar Ligure sono oramai numerosi gli approdi di età romana oggetto di indagini geoarcheologiche. Per alcuni di essi il contesto portuale è stato ricostruito su base puramente paleoambientale, in assenza di infrastrutture (Kaniewski *et al.*, 2018; Bini *et al.*, 2012), mentre in altri casi il dato archeologico testimonia di sistemi portuali all’interno delle maggiori foci fluviali (Benvenuti *et al.*, 2006).

La villa romana del Varignano Vecchio, datata al I sec. a.C. - I sec. AD è ubicata nell’omonima insenatura all’estremità del promontorio occidentale del Golfo della Spezia (Fig. 1). La piccola baia è delimitata da una cresta collinare che raggiunge i 100 m di quota, e che la divide dalle più ampie baie delle Grazie, della Castagna e di Portovenere. I versanti prospicienti la baia sono modellati nella Falda Toscana, in particolare nel membro dei Calcari e Marne di M.S. Croce (Noricco-Retico) appartenente alla Formazione di La Spezia (Abbate *et al.*, 2005) ed attualmente ricoperti da una vegetazione di bosco ceduo. Si tratta di strati alternati di calcari grigio-scuri e marne grigie che qui affiorano in serie rovesciata, immergenti verso SW. Il fondo della baia è occupato da un deposito subpianeggiante, sul quale è stata fondata, nel I sec. a.C., la villa.

Oltre ai resti degli edifici residenziali e degli impianti per la produzione di olio di oliva, nel sito è presente una struttura muraria tradizionalmente interpretata come un molo (Bertino, 1998; Gervasini & Landi, 2002) posizionata trasversalmente all’asse dell’insenatura (Fig. 2) tra gli edifici della villa e il versante. Chelli *et al.* (2005) hanno utilizzato questa struttura come indicatore del livello del mare del I sec. a.C. L’indicatore è stato riutilizzato successivamente da altri Autori (Lambeck *et al.*, 2011; Vacchi *et al.*, 2016) o in altri contesti (Chelli *et al.*, 2017) come evidenza di un innalzamento del livello del mare relativo di qualche dm negli ultimi duemila anni lungo la costa ligure-tirrenica in condizioni di sostan-

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa, Via Santa Maria 53, I-56126, Pisa, Italia

⁽²⁾ Dipartimento di Chimica, Scienze della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Università di Parma, Parco Area delle Scienze 11/a, I-43124, Parma, Italia

Corresponding author: Marta Pappalardo (marta.pappalardo@unipi.it)

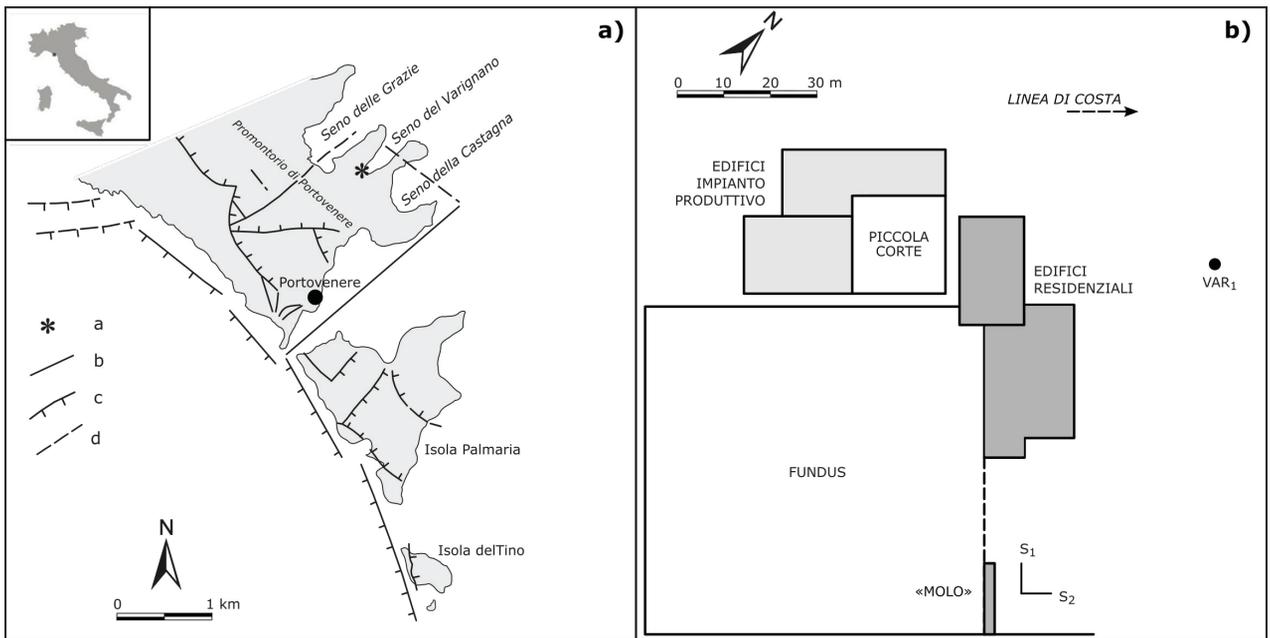


Figura 1. a) Ubicazione dell'area di studio con indicazione dei principali elementi strutturali: a ubicazione del sito della Villa del Varignano Vecchio, b faglia, c faglia diretta, d faglia incerta (Abbate *et al.*, 2005); b) pianta schematica della Villa del Varignano Vecchio con indicazione dell'ubicazione del carotaggio e delle sezioni analizzati nel presente lavoro); la linea di costa attuale si trova circa 200 m a NE della villa.



Figura 2. La struttura muraria tradizionalmente interpretata come "molo".

ziale stabilità tettonica. Il sito della villa oggi si trova ad una distanza di circa 200 m dalla linea di costa, dalla quale è separato da un'installazione militare. Indagini di sottosuolo svolte nel corso dell'ultimo decennio offrono la possibilità di definire il contesto ambientale e paesaggistico nel quale venne costruita la villa del Varignano Vecchio, fornendo nuovi spunti interpretativi sulla natura della struttura muraria tradizionalmente identificata come molo e sul suo significato come indicatore archeologico del paleo livello del mare.

MATERIALI E METODI

In questo lavoro vengono illustrati gli esiti delle osservazioni stratigrafiche effettuate sull'accumulo sedimentario che attualmente si interpone tra la Villa del Varignano Vecchio e la linea di costa, in particolare nel tratto prospiciente la struttura muraria tradizionalmente interpretata come un molo, che da qui in poi indichiamo come "molo" (tra virgolette). Tali osservazioni sono state possibili sulla base della realizzazione di un carotaggio nell'ambito di una Convenzione di Ricerca tra la Soprintendenza Archeologica della Liguria e le Università di Pisa e Parma (Bini *et al.*, 2013) e di uno scavo effettuato per un intervento di sistemazione idraulica a cura della Direzione Regionale Musei e della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio della Liguria, che ha consentito la temporanea esposizione di una doppia trincea (Fig. 1; Tab. 1).

Tabella 1. Sintesi delle caratteristiche dei dati di sottosuolo utilizzati e tipologia di osservazioni e analisi effettuate.

Tipologia di indagine	Sigla (con riferimento alla Fig. 1)	Scopo dell'indagine	Data di esecuzione	Dimensioni	Tipologia di osservazioni/analisi effettuate
Carotaggio	VAR1	Ricerca	Luglio 2013	Diametro 6-5 cm, lunghezza 6 m	Descrizione dei caratteri sedimentologici in situ, datazioni ¹⁴ C
Scavo di una fossa	S1, S2	Sistemazione idraulica	Luglio 2019	Larghezza e lunghezza 1,30 × 6,00 m, profondità 2 m	Descrizione dei caratteri sedimentologici in situ, analisi dendrogeomorfologica di un tronco, datazioni ¹⁴ C

Il carotaggio è stato effettuato utilizzando un sistema manuale di carotaggio continuo a percussione operato a motore (Atlas Copco, modello Cobra) equipaggiato con carotieri Eijkelkamp aperti. In entrambi i casi il contesto geologico e geomorfologico dell'area di indagine era preventivamente noto (Chelli *et al.*, 2005) e sui depositi esposti dai sondaggi sono state effettuate osservazioni in situ con particolare riguardo alla descrizione dei caratteri sedimentologici e il prelievo di campioni per datazioni e analisi di laboratorio. L'inquadramento cronologico è stato effettuato grazie a 8 datazioni ¹⁴C eseguite presso il Laboratorio INNOVA SCaRL, Napoli su materia organica e solo subordinatamente su frammenti di malacofauna, al fine di limitare la necessità di correggere le date per l'effetto riserva (Alves *et al.*, 2018). Le età calendario sono state calcolate mediante il programma IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020). I dettagli delle datazioni effettuate sono riportati in Tab. 2. Presso il Laboratorio di Dendrocronologia dell'Università di Parma sono state svolte analisi dendrogeomorfologiche su una rondella ricavata da un tronco sepolto. La rondella è stata fatta essiccare in forno a 60°C per una settimana, e successivamente, per poter distinguere gli anelli di accrescimento, è stata ricavata da essa una superficie piana in sezione trasversale mediante levigatura con carte abrasive a grana progressivamente più fine fino a P600. Dalla parte meno alterata del disco sono stati ricavati due campioni legnosi, ciascuno dei quali derivato da un solo anello di accrescimento, distanziati tra loro di 4 anni che sono stati sottoposti a datazione radiocarbonica (Tab. 2). Su un secondo disco legnoso dal medesimo tronco, preparato come il precedente, è stata effettuata l'analisi anatomica per la determinazione della specie. Particolare attenzione è stata posta nella misura e nella referenziazione verticale della posizione dei campioni. Per la misura delle posizioni dei punti è stata utilizzata un'antenna GPS rover Leica GS09; la correzione della quota ellissoidica restituita dallo strumento è stata effettuata in modalità differenziale tramite la rete di correzione Leica Italpos ottenendo un errore massimo nell'acquisizione della posizione verticale di ± 3 cm. La quota ellissoidica è stata trasformata in quota tidale attraverso misurazioni istantanee del livello del mare (Pappalardo *et al.*, 2019) e riferita allo zero del mareografo della Spezia della Rete Mareografica Nazionale Italiana. Le profondità lungo gli spezzoni della carota e

lungo le sezioni stratigrafiche sono state misurate tramite un'asta graduata con graduazione minima corrispondente a 1 cm. La combinazione dell'errore commesso nella lettura delle aste graduate con quello della misura GPS ha restituito un errore finale nel posizionamento verticale di $\pm 3,2$ cm. La stima del paleo-valore relativo del livello del mare in Età Romana è tuttavia stata cautelativamente espressa in m e limitata alla prima cifra decimale. Le argomentazioni sviluppate relativamente al paleo-valore relativo del livello del mare in Età Romana sulla base della posizione del "molo" o di parti di esso si basano sulla metodologia standardizzata per la determinazione dei paleo-livelli marini (Shennan *et al.*, 2015; Vacchi *et al.*, 2016) ed in particolare sul concetto di "quota funzionale" da applicare agli indicatori archeologici (Morhange & Marriner, 2015).

RISULTATI

Carotaggio VAR1

Il carotaggio (Fig. 3) ha restituito evidenza di un deposito sciolto riferibile ad una successione di ambienti di sedimentazione ben determinabili. La porzione di carota corrispondente ai 2 m basali si presenta disturbata a causa dell'instabilità delle pareti del foro.

A -5 m dal piano di campagna, tuttavia, la conservazione del deposito è ottimale ed evidenzia un livello spesso 30 cm caratterizzato da limo argilloso giallastro (10YR 5/6 yellowish brown) con scheletro litico di clasti submillimetrici appiattiti, contenente rari resti organici vegetali poco decomposti e frammenti di carbone. L'ambiente di sedimentazione è stato interpretato come palustre.

Superiormente a questo livello e sino alla profondità di -2,40 m slm si riconosce un'unità costituita da argilla nerastra (5YR 3/2 dark olive grey) con una frazione subordinata di granuli di sabbia e clasti grossolani e spigolosi (\varnothing max 3cm), ricca di sostanza organica indecomposta e di frammenti di gusci di molluschi non determinabili. L'età di questa unità è stata definita grazie a due vincoli cronologici, datazioni ¹⁴C su sostanza organica al tetto e alla base (Tab. 2), tra l'XI e il IX sec. a.C. La facies è ritenuta lagunare in senso lato.

A partire da -2,40 m slm e sino alla sommità del deposito si riconosce un'unità costituita da limo argilloso

con componente subordinata di granuli di sabbia grossolana di forma spigolosa (complessivamente 2,5YR 5/4 tendente a 4/4 verso l'alto) e clasti spigolosi di calcare grigio (\varnothing 0,2-5cm). Sono presenti abbondanti carboni in frammenti minuti. Alla base dell'unità compare il primo di una serie di frammenti di laterizio che caratterizzano l'intera unità e particolarmente il tratto tra 0,20 e 0,70 m slm. Essi appaiono per lo più molto alterati e in alcuni casi completamente dissolti. Tra 1,20 e 1,30 m slm è stato intercettato un livello sabbioso con granuli di calcite sub arrotondati e litici di calcare; è stato ipotizzato che possa rappresentare un frammento di malta, con sabbia come dimagrante, appartenente ad una struttura muraria degradata. L'unità è stata interpretata come il frutto di un accumulo di natura antropica, al quale può avere contribuito il dilavamento naturale dei versanti adiacenti. Al di sopra della profondità di 1 m dal piano di campagna la matrice del deposito diventa progressivamente più grossolana e verosimilmente interressata da pratiche agricole recenti.

Sezioni S1 e S2

Le due sezioni rappresentano rispettivamente il lato NO-SE (lungo, S1) e il lato NE-SO (corto, S2) della fossa scavata davanti al "molo" (Figg. 3-4a). In Fig. 3 le sezioni S1 ed S2 sono riportate in corretto rapporto altimetrico tra di loro e con la sequenza del carotaggio VAR1. Lo scavo mette in luce un'unità basale costituita da limo argilloso giallastro (2,5YR 4/4) con subordinati clasti calcarei centimetrici, ricco in resti vegetali e frammenti di carboni. L'unità è sormontata, a partire da 1,50 m al di sotto del livello del mare attuale, da una unità a supporto clastico, con litici eterometrici (\varnothing 1-10 cm) spigolosi e subordinata matrice interstiziale limo-argillosa, nella quale sono presenti, oltre a frammenti di carboni, laterizi e ceramica (Fig. 4b). Nella sezione S1 si rileva che nell'unità limo-argillosa è presente una percentuale minoritaria di sabbia che tende ad aumentare verso l'alto, così come aumenta progressivamente dal basso verso l'alto la quantità di carboni e litici grossolani. Presso il suo limite superiore questa stessa unità ha restituito, oltre a rari frammenti di molluschi, un tronco d'albero sepolto (Fig. 4b) del diametro di circa 22 cm, disposto orizzontalmente, sul quale è stata effettuata l'analisi anatomica, oltre che la datazione ^{14}C della quale vengono riportati i risultati nella sezione successiva. La determinazione della specie è stata effettuata con alcune approssimazioni, dato che il legno è risultato piuttosto alterato ed è stato possibile analizzare in modo efficace il campione solo in sezione trasversale. Sulla base delle dimensioni e della caratterizzazione anatomica (legno eteroxilo, di dicotiledone, caratterizzato da porosità diffusa e semi diffusa, con pori organizzati radialmente e gruppi di raggi midollari aggregati) si è ritenuto di attribuire il campione al genere *Alnus* (ontano). Nella parte alta dell'unità sono stati rin-

venuti rari frammenti di ceramica a impasto grossolano. La porzione sommitale della sezione S1 appare molto disturbata da attività recenti, presumibilmente legate ad una sistemazione idraulica effettuata per la salvaguardia delle strutture archeologiche.

La correlazione tra il deposito visibile in S1-2 e l'unità sommitale della sequenza di VAR1, interpretata come antropica, appare evidente, anche se il deposito propiciente al "molo" risulta più ricco in resti vegetali e frammenti di carboni e relativamente più povero in litici rispetto all'unità sommitale del carotaggio.

Vincoli cronologici

Le sequenze sono state vincolate cronologicamente attraverso 8 datazioni ^{14}C (Tab. 2), 5 delle quali su materia organica, una su malacofauna, e due effettuate su due singoli anelli di accrescimento del tronco, distanziati tra loro di 4 anni. Per l'ubicazione dei campioni si veda Fig. 3.

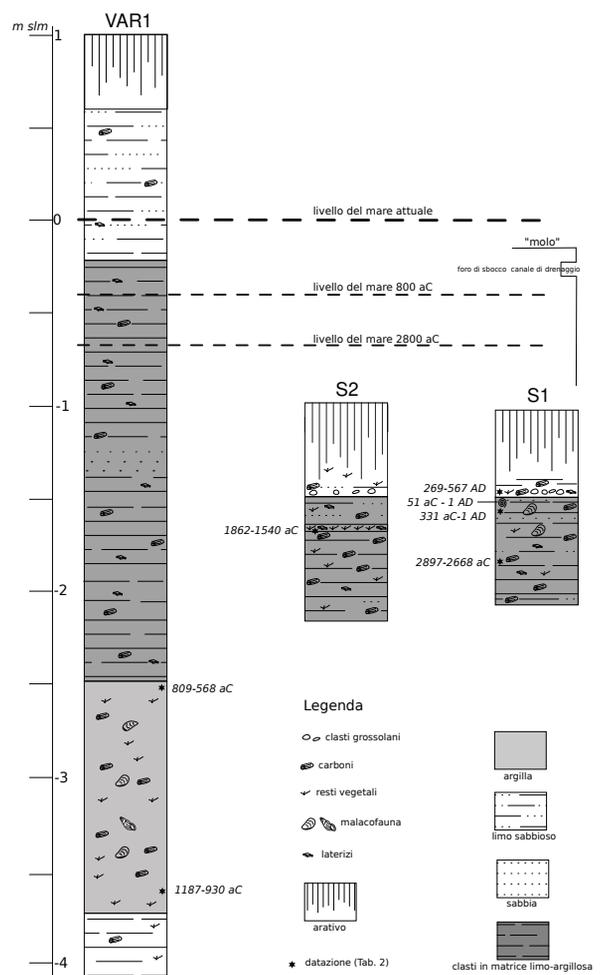


Figura 3 Schema stratigrafico semplificato del carotaggio VAR1 e delle sezioni S1 ed S2 analizzati nel presente lavoro.



Figura 4. a) Vista generale della fossa nella quale sono state descritte le sezioni S1 ed S2; b) Tronco rinvenuto in situ nella sezione S1; c) Frammento di laterizio dalla sezione S1.

Tabella 2. Dettagli analitici delle datazioni ^{14}C effettuate sui materiali recuperati.

Codice campione	Codice Lab.	Età convenzionale	$\delta^{13}\text{C}$	Età calibrata, 2σ Calib Rev 8.1.0 (2σ)	Materiale
<i>VAR1_353_358</i>	DSH9305_SD	2576 ± 34	-25 ± 3	809-568 a.C.	resti vegetali
<i>VAR1_465_470</i>	DSH9306_SD	2871 ± 29	-28 ± 3	1187-930 a.C.	resti vegetali
<i>VAR1_33</i>	DSH9781_CH	4200 ± 33	-30 ± 2	2897-2668 a.C.	carbone
<i>VAR1_66_70</i>	DSH9782_CH	2118 ± 27	0 ± 1	269-567 AD	fibre vegetali (influenza marina)
<i>VAR1_140</i>	DSH9821_SH	2591 ± 25	-1 ± 2	331 a.C. - 1 AD	guscio di bivalve
<i>VAR2_143_151</i>	DSH9780_CH	3881 ± 37	-27 ± 1	1862-1540 a.C.	carbone
<i>VA6166e</i>	DSH9797_CE	2090 ± 27	-33 ± 1	175 a.C. - 1 AD	legno
<i>VA6166i</i>	DSH9798_CE	2154 ± 44	-35 ± 3	359-51 a.C.	legno

DISCUSSIONE

Il carotaggio VAR1 testimonia l'evoluzione ambientale che ha caratterizzato la baia del Varignano durante gli ultimi 3 millenni. L'unità inferiore è indicativa di un ambiente palustre, a testimonianza di una zona umida e depressa che caratterizzava l'area prospiciente l'attuale sito della villa prima della fine del II millennio a.C. Tra la fine di questo e la prima metà del successivo, per un periodo di tempo di qualche centinaio di anni, il bacino si è aperto all'influsso del mare, diventando salmastro. L'unità sommitale, che ritroviamo anche nelle sezioni S1 e S2, formatasi a partire dalla seconda metà del I millennio a.C., presenta in VAR1 caratteristiche di un deposito continentale, formatosi per accumulo di prodotti del dilavamento dei versanti, con tracce evidenti di frequentazione antropica (carboni, resti di laterizi, malta e ceramica). Nel deposito prospiciente al "molo" le tracce di frequentazione antropica sono particolarmente abbondanti, e anche i frammenti indeterminabili di malacofauna, decontestualizzati rispetto all'ambiente di sedimentazione nel quale si è formato il deposito di questa unità, potrebbero essere legati ad un apporto antropico.

Dal confronto tra i vincoli cronologici, l'ambiente di sedimentazione che caratterizza ciascuna unità e la posizione del livello del mare desunta dai modelli glacio-idro-isostatici (Spada & Melini, 2019), risulta che in VAR1 il tetto dell'unità lagunare si trova ribassata di 2,1 m rispetto al coevo livello del mare previsto dal modello SELEN5. Questo è spiegabile sulla base del rapporto altimetrico tra il livello del mare e il fondo dei bacini lagunari comunemente considerato accettabile nelle ricostruzioni dei paleo-livelli del mare (1-2 m Melis *et al.*, 2018), eventualmente associato ad una limitata dislocazione verticale negativa dei sedimenti, per compattazione e/o subsidenza tettonica, con un tasso di approssimativamente 0,4 mm/anno.

Sulla sequenza esposta nelle sezioni S1 ed S2 due datazioni ^{14}C su frammenti di carbone tra le quote di -2,4 m e -1,7 m slm restituiscono età comprese tra la fine del II e la fine del III millennio a.C., riferibili a tracce effimere di frequentazione umana durante l'età del Bronzo. La posizione altimetricamente inferiore stimabile in VAR1 per i sedimenti coevi a questa fase dimostra che in corrispondenza del punto di carotaggio già nel terzo millennio era presente un bacino subsidente in grado di accomodare sedimenti, mentre là dove sarebbe stato realizzato il "molo" un elemento morfologico stabile quale il piede in roccia del versante montuoso, accumulava i prodotti terrigeni della degradazione dei versanti con bassi tassi di sedimentazione (circa 0,1 mm/anno). È interessante notare che questo tasso di sedimentazione, ottenuto utilizzando i due vincoli cronologici più antichi rispettivamente di S1 ed S2, è compatibile con lo spessore di sedimenti dell'unità argillosa basale al di sopra di essi, la cui sommità

è ben datata in S1, e corrisponde grossomodo a quello delle più antiche strutture della villa.

Possiamo quindi presumere che il massimo punto di penetrazione del mare all'interno dell'insenatura del Varignano durante la risalita olocenica del livello marino si collochi tra il terreno prospiciente il "molo" e il punto del carotaggio VAR1, anche se la limitata profondità della nostra indagine non ha consentito di mettere in luce i sedimenti attribuibili alla trasgressione marina. La presenza in VAR1 di un livello di ambiente transizionale, ad una quota grossolanamente compatibile con il livello del mare previsto dai modelli, ci testimonia che un bacino lagunare è stato presente per un breve periodo in quel punto, ma che a partire dalla seconda metà del I millennio il bacino aveva subito un progressivo isolamento legato alla migrazione della linea di costa verso la sua posizione attuale. Quando la Villa del Varignano è stata fondata, pertanto, lo spazio antistante alla villa, almeno limitatamente alla porzione da noi indagata, non ospitava un bacino marino o lagunare. Tuttavia nel tratto immediatamente prospiciente al "molo" la superficie topografica si trovava al di sotto del livello del mare attuale di circa 1,5 m, come testimoniato dai livelli di frequentazione datati nelle sezioni S1-2, mentre verso mare essa si raccordava altimetricamente alla linea di costa. Questa depressione, nella quale si sono accumulati alcuni dm di un deposito antropico dall'aspetto caotico, rappresenta verosimilmente un basso topografico nel quale confluivano le acque che fuoriuscivano dai fori del "molo" ai quali facevano capo i canali di drenaggio già identificati da Gervasini & Landi (2002) nel terreno compreso tra la villa e il versante sud-orientale dell'insenatura, interpretato da questi Autori come l'appezzamento di terreno (*fundus*) dove venivano coltivati gli ulivi che servivano per alimentare l'impianto oleario della villa. Il manufatto di epoca romana identificato come "molo" sarebbe, alla luce di queste evidenze, interpretabile come un muro di contenimento con fori di drenaggio che consentivano di convogliare le acque in una sorta di bacino di raccolta e smaltimento di origine naturale. Il tronco ritrovato nella sezione S1 suggerisce che questo bacino fosse circondato da vegetazione arborea. Lontano, infatti, è una specie ancora piuttosto diffusa in tutta la penisola italiana, che si trova prevalentemente tra la vegetazione di palude con querce, pioppi, aceri.

Chelli *et al.* (2005) hanno utilizzato la quota dei fori di sbocco dei canali di drenaggio in corrispondenza del "molo" per fissare un vincolo altimetrico superiore per la quota del livello del mare del I sec. a.C a -0,415 cm rispetto al livello del mare attuale. Questo calcolo derivava da misure e considerazioni che possono essere riviste alla luce di nuovi e più precisi calcoli delle quote effettuati utilizzando riferimenti altimetrici tidali (si veda il paragrafo metodologico per i dettagli). La base dei fori di sbocco si trova $0,31 \pm 0,03$ m al di sotto del

livello medio del mare attuale indicato dal mareografo della Spezia. Affinché l'opera di drenaggio fosse efficace era necessario che i fori si trovassero al di sopra del livello del mare dell'epoca. La quota prevista dal modello isostatico SELEN (Spada & Melini, 2019) per l'epoca di costruzione della villa è dell'ordine di poche decine di cm al di sotto del livello del mare attuale, in accordo con le esigenze funzionali del manufatto che doveva presumibilmente evitare l'allagamento del *fundus*.

CONCLUSIONI

Il quadro complessivo delle nuove indagini condotte presso la Villa del Varignano Vecchio induce a ritenere che la tradizionale ricostruzione del contesto ambientale dell'area durante il periodo di frequentazione della residenza e del suo impianto produttivo sia sostanzialmente valida, sebbene i nostri risultati introducano qualche significativa differenza. In particolare la Villa non affacciava direttamente sul mare, ma la linea di costa, pur molto prossima, si collocava in una posizione intermedia tra quella del carotaggio VAR1 e la sua posizione attuale. Pertanto la struttura muraria tradizionalmente ritenuta un molo sarebbe piuttosto un muro di contenimento con fori di drenaggio, che separava il *fundus* da una conca a ridosso del versante interno del promontorio occidentale. Essa, circondata da vegetazione palustre, presentava il fondo ad una quota inferiore di quella del livello del mare ed era con buona probabilità costantemente umida. La conca rappresentava il residuo di un più vasto bacino palustre, a tratti aperta all'ingresso delle acque marine, che si trovava nel II-I millennio a.C. in posizione retrostante ad un probabile cordone litorale. Il pesante rimaneggiamento antropico recente non ha consentito di mantenere le forme costiere delle quali troviamo evidenza soltanto nel dato stratigrafico. La funzione del sistema di raccolta delle acque che fa capo al muro doveva essere quella di favorire il drenaggio dal *fundus* alla conca delle acque di falda quando quest'ultima si alzava tanto da rendere il terreno troppo saturo per il benessere delle coltivazioni.

Un risultato secondario ma non privo di interesse è rappresentato dall'aver verificato l'esistenza di un modesto movimento verticale negativo del suolo nella parte più esterna dell'area di studio, dovuto all'effetto combinato di compattazione dei sedimenti e subsidenza tettonica dell'estremità più interna della piattaforma continentale, determinato dalla presenza del sistema di faglie che bordano il Golfo della Spezia con andamento NW-SE e qui, probabilmente, dalla presenza di faglie a direzione NE-SW che tagliano trasversalmente il sistema precedente e sulle quali si dovrebbero essere modellate l'insenatura del Varignano

vecchio e quella limitrofa delle Grazie (Fig. 1) (Abbate *et al.*, 2005). Esse fanno parte del sistema di trascorrenti sinistre ben individuabili in tutto il Golfo che hanno contribuito a modellare e che si stendono fino alla Lunigiana e all'Emilia.

La nuova interpretazione della natura dell'opera muraria precedentemente considerata un molo ha come ulteriore conseguenza quella di abbassare l'accuratezza dell'indicatore del paleolivello del mare per la fine del I millennio a.C., così come già definito da Chelli *et al.* (2005). La quota minima dei fori di drenaggio presenti sul fronte del muro può rappresentare comunque un vincolo alla posizione del livello del mare, che doveva essere almeno 30 cm al di sotto del livello attuale. Questo tipo di indicatori del paleolivello del mare, chiamati nella letteratura di settore "terrestrial limiting points" (Shennan *et al.*, 2015), sono sicuramente meno accurati di altri indicatori archeologici legati alla quota funzionale di elementi di strutture marittime, la cui posizione all'interno dell'intervallo di escursione mareale era legata a precisi vincoli architettonici.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato finanziato attraverso diverse fonti, in particolare: PRA_2017 Università di Pisa "Multiproxy data for reconstructing the paleoclimatic and paleoenvironmental evolution of the Apuan Alps area since the last glacial maximum" (Resp: C. Baroni); _FIL-Università di Parma (Resp: A. Chelli).

M.P. e A.C. dedicano l'articolo alla memoria di Ivo Tiscornia, della cui preziosa collaborazione non hanno potuto beneficiare sino alla fine del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E., FANUCCI F., BENVENUTI M., BRUNI P., CIPRIANI N., FALORNI P., FAZZUOLI M., MORELLI D., PANDELI E., PAPINI M., SAGRI M., REALE V., VANNUCCHI P. (a cura di) 2005. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000-Foglio 248*. La Spezia, APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia - Regione Liguria, 204 pp.
- ALVES E.Q., MACARIO K., ASCOUGH P., BRONK RAMSEY C., 2018. The worldwide marine radiocarbon reservoir effect: definitions, mechanisms, and prospects. *Reviews of Geophysics* 56(1): 278-305.
- AMOROSI A., BINI M., GIACOMELLI S., PAPPALARDO M., RIBECAI C., ROSSI V., SAMMARTINO I., SARTI G., 2013. Middle to late Holocene environmental evolution of the Pisa coastal plain (Tuscany, Italy) and early human settlements. *Quaternary International* 303: 93-106.
- AUCELLI P., CINQUE A., MATTEI G., PAPPONE G., RIZZO A. 2019. Studying relative sea level change and correlative adaptation of coastal structures on submerged Roman time ruins nearby Naples (Southern Italy). *Quaternary international* 501: 328-348.
- BELLOTTI P., DAVOLI L., SADORI L., 2018. Landscape diachronic reconstruction in the Tiber delta during historical time: A holistic approach. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 41(1): 3-21. doi:10.4461/GFDQ.2018.41.1

- BENVENUTI M., MARIOTTI-LIPPI M., PALLECCHI P., SAGRI M., 2006. Late-Holocene catastrophic floods in the terminal Arno River (Pisa, Central Italy) from the story of a Roman riverine harbour. *The Holocene* 16(6): 863-876. doi: 10.1191/0959683606hl978rp
- BERTINO A., 1998. *La villa romana e il fondo rustico del Varignano*. In: Sessant'anni di istruzione postelementare alle Grazie di Porto Venere. La Scuola Media "Giovanni di Giona": 107-122. Edizioni del Tridente, La Spezia.
- BINI M., BRÜCKNER H., CHELLI A., GERVASINI L., MANCUSI M., PAPPALARDO M., 2013. *Portus Lunae. Dati per la ricostruzione paleogeografica del paesaggio costiero dell'Alto Tirreno. Il progetto di ricerca geoarcheologica*: 11-26. In: Campana N., Del Lucchese A., Gardini A. (a cura di), *Archeologia in Liguria IV 2010-2011*. De Ferrari, Genova.
- BINI M., BRÜCKNER H., CHELLI A., PAPPALARDO M., DA PRATO S., GERVASINI L., 2012. Palaeogeographies of the Magra Valley coastal plain to constrain the location of the Roman harbour of Luna (NW Italy). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*: 337-338, 37-51. https://doi: 10.1016/j.palaeo.2012.03.024
- BRÜCKNER H., 2019. *Rapid Delta Growth in Historical Times at Ephesus and Miletus. The Examples of the Küçük and the Büyük Menderes Rivers*: 293-307. In: Kuzucuoglu C. et al. (eds), *Landscapes and Landforms of Turkey*. Springer Nature, Switzerland. DOI:10.1007/978-3-030-03515-0_13
- CHELLI A., FEDERICI P.R., PAPPALARDO M., 2005. Geomorphological and archaeological evidence of Roman Times shoreline in the La Spezia Gulf. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria Supplemento* 7: 97-103.
- CHELLI A., PAPPALARDO M., BINI M., BRÜCKNER H., NERI G., NERI M., SPADA G., 2017. Assessing tectonic subsidence from estimates of Holocene relative sea level change: an example from the NW Mediterranean (Magra Plain, Italy). *The Holocene* 27(12): 1988-1999. https://doi:10.1177/0959683617715688
- GERVASINI L., LANDI S., 2002. Portovenere (SP). Zona archeologica del Varignano Vecchio. Indagini archeologiche nel quartiere dei torchi oleari e nella zona residenziale della villa romana. *Rivista di Studi Liguri*, 67-68: 47-189.
- KANIEWSKI D., MARRINER N., MORHANGE C., VACCHI M., SARTI G., ROSSI V., BINI M., PASQUINUCCI M., ALLINNE C., OTTO T., LUCE F., VAN CAMPO E., 2018. Holocene evolution of Portus Pisanus, the lost harbour of Pisa. *Scientific Reports* 8(11625). https://doi.org/10.1038/s41598-018-29890-w
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., FERRANTI L., LEONI G., SCICCHITANO G., SILENZI S., 2011. Sea-level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future. *Quaternary International* 232: 250-257. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.04.026
- MARRINER N., MORHANGE C., 2007. Geoscience of ancient Mediterranean harbours. *Earth-Science Reviews* 80(3-4): 137-194. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.10.003
- MELIS R.T., DI RITA F., FRENCH C., MARRINER N., MONTIS F., SERRELI G., SULAS F., VACCHI M., 2018. 8000 years of coastal changes on a western Mediterranean island: A multiproxy approach from the Posada plain of Sardinia. *Marine Geology* 403: 93-108.
- MORHANGE C., MARRINER N., 2015. *Archeological and biological relative sea-level indicators*. In: Shennan I., Long A.J., Horton B.P. (eds), *Handbook of Sea-Level Research*: 146-156. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK.
- PAPPALARDO M., BARONI C., BINI M., ISOLA I., RIBOLINI A., SALVATORE M.C., ZANCHETTA G., 2019. Challenges in relative sea-level change assessment highlighted through a case study: The central coast of Atlantic Patagonia. *Global and Planetary Change*, 182: 103008. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2019.103008
- REIMER P., AUSTI W., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M. et al., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4): 725-757. doi: 10.1017/RDC.2020.41
- SHENNAN I., LONG A.J., HORTON B.P. (eds), 2015. *Handbook of Sea-Level Research*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK, pp. 581.
- SPADA G., MELINI D., 2019. SELEN4 (SELEN version 4.0): A Fortran program for solving the gravitationally and topographically self-consistent sea-level equation in glacial isostatic adjustment modelling. *Geoscientific Model Development* 12(12): 5055-5075.
- VACCHI M., MARRINER N., MORHANGE C., SPADA G., FONTANA A., ROVERE A., 2016. Multiproxy assessment of Holocene relative sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal. *Earth-Science Reviews* 155: 172-197. http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.02.002

(ms. pres. 30 ottobre 2022; ult. bozze 15 dicembre 2022)